

Opinnäytetyö (AMK)  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Koneautomaatiotekniikka  
2015

Joonas Karjalainen

# ASFALTTIASEMAN HIILIJALANJÄLKI



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joonas Karjalainen

## ASFALTTIASEMAN HIILIJALANJÄLKI

Hiilijalanjälki-termin yleistymisen on hyvä merkki ihmisten kasvavasta mielenkiinnosta luontoa säästävämpiin elintapoihin. Vaikka ympäristöystävällisyys on ollut keskustelunaihe jo pidemmän aikaa, ei hiilijalanjälkeä ole noteerattu merkittävästi. Hiilijalanjäljen avulla voidaan vertailla tuotteiden koko elinkaaren aikaista ympäristökuormaa ja niiden vapauttamia kasvihuonekaasupäästöjä ilmakehään. Tämän työn toimeksiantaja Amomatic Oy halusi määrittää valmistamiensa modulaaristen asfalttiasemien elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen. Se kattaisi asemien kasvihuonekaasupäästöt niiden valmistuksesta aina purkuun ja kierrätykseen saakka. Tavoitteena oli luoda laskuri, jota voitaisiin käyttää myynnin sekä markkinoinnin tukena perustelevaan ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja. Laskurilla on myös suuri merkitys vertailtaessa uusien tuotekehityksen luomien parannuksien vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin.

Työ jaettiin kahteen osioon, laskurin eli opinnäytetyön tekemiseen ja raportin kirjoittamiseen. Asfalttiaseman elinkaari jaettiin eri prosesseihin, joista pystyttiin selvästi erittelemään kunkin prosessin kasvihuonekaasupäästöt. Lopuksi kaikkien vaiheiden päästöt laskettiin yhteen.

Koska asfalttiaseman kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttaa lukematon määrä eri muuttujia, oli työn rajauksen suorittaminen tärkeää. Esimerkiksi itse aseman valmistamisella on hyvin marginaalinen osa koko aseman hiilijalanjäljessä, mutta se on otettu huomioon hyvän vertailukohdan ja kokonaiskuvan saamiseksi. Laskurissa muuttujia on helppo muokata esimerkiksi asiakaskohtaisesti, jolloin yksittäisen muuttujan arvon muuttamisen vaikutus nähdään välittömästi kokonaishiilijalanjäljessä.

Työn tekemisessä hyödynnettiin erilaisia julkaisuja hiilijalanjäljen määritelmästä ja sen laskennasta. Mitään yleispätevää laskentamallia ei ollut saatavilla tai ne eivät olleet tarkoitukseen sopivia, joten laskujen osalta jouduttiin joiltain osin soveltamaan. Eri materiaalien päästöarvoja kerättiin niiden toimittajilta sekä elektronisista lähteistä.

Hiilijalanjälkilaskurissa on eritelty asfalttiaseman elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt kolmella eri polttoaineella. Laskurissa voi myös vertailla vaahtobitumin ja jäteasfaltin uusiokäytön vaikutusta hiilijalanjälkeen.

ASIASANAT:

Hiilijalanjälki, Amomatic Oy, Asfalttiasema

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Machine Automation Technology

2015 | 39

Instructors: Timo Vaskikari, Programme Manager, Turku University of Applied Sciences

Pasi Vuorinen, CEO, Amomatic Oy

Joonas Karjalainen

## ASPHALT PLANT CARBON FOOTPRINT

Even though environmental thinking has been recognized around the globe for a long time, the carbon footprint never made it to the headlines. The carbon footprint can be used to compare the environmental load of different products' and the amount of greenhouse gases released to the atmosphere within their whole life cycle. This project was commissioned by Amomatic Oy and their goals for this thesis were to determine the carbon footprint of the modular asphalt plants which are their products. The calculated carbon footprint had to cover the whole life cycle of the asphalt plant. The asphalt plants' carbon footprint covers all the emissions from the manufacturing of the plant to the end of its life cycle, recycling the plant. The goal was to produce a calculator, which could be used for sales and marketing to justify more environmental choices. The carbon footprint calculator is in a key role when comparing product development improvements and the effect on the emissions of greenhouse gases.

The project was divided into two sections, the carbon footprint calculator and the writing of the thesis. The asphalt plant's life cycle was separated into smaller processes. The carbon footprint was calculated separately to these process steps and then added together to cover the whole life cycle.

Setting the process boundaries was important because a countless number of variables were affecting the amount of greenhouse gases produced at the asphalt plant. For instance, manufacturing the plant is a marginal share of the total carbon footprint, but it is shown in the calculations for a good point of reference. The variables can be easily edited in the calculator to meet specific customer needs.

Various publications about defining the carbon footprint of a product were used in this thesis. There was no universal formula to calculate greenhouse gas emissions or they were not suitable for this project so some applying had to be done. The materials' emission values were gathered mainly from suppliers and electronic sources.

Asphalt plant's carbon footprint is defined using 3 different fuel options. The use of foamed bitumen and recycled asphalt in manufacturing is also noticed. Their affect on the carbon footprint can be compared in the calculator.

### KEYWORDS:

(Carbon footprint, Amomatic Oy, Asphalt plant)

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 HIILIJALANJÄLKI</b>	<b>8</b>
2.1 Laskentaperusteet	9
2.2 Prosessikaavio ja rajaus	10
2.3 Tiedon kerääminen	11
2.4 Laskenta	12
2.5 Epävarmuuden tarkastelu	12
<b>3 AMOMATIC OY</b>	<b>13</b>
<b>4 ASFALTIN VALMISTUS ANNOSPERIAATTEELLA</b>	<b>15</b>
4.1 Esisuhteutus kylmäsyöttölaitteessa	15
4.2 Kivimateriaalin kuivaus	15
4.3 Kuljetus sekoitintorniin	16
4.4 Seulonta ja sekoitus	16
4.5 Täytejauheiden käsittely ja annostelu	17
4.6 Sideaineen käsittely ja annostelu	17
4.7 Lisäaineiden käsittely ja annostelu	17
4.8 Pölyn erotus savukaasuista	18
4.9 Valmiin asfalttimassan varastointi	18
4.10 RC-rouheen käyttö asfalttimassan valmistuksessa	18
<b>5 ASFALTTIASEMAN HIILIJALANJÄLKI</b>	<b>20</b>
5.1 Aseman valmistus ja kierrätys	21
5.2 Raaka-aineiden toimitus asfalttiasemalle	22
5.3 Asfalttimassan raaka-aineiden tuotanto	22
Vaahtobitumin käyttö	24
Uusioasfaltin käyttö	24
5.4 Asfalttimassan kuljetus	25
5.5 Polttoaineen kulutus	25
5.6 Sähköenergian kulutus	26
<b>6 LASKENNAN TULOKSET</b>	<b>28</b>
6.1 Aseman valmistus	29

6.2 Raaka-aineiden toimitus	29
6.3 Asfalttimassan raaka-aineiden tuotanto	30
Vaahtobitumin käyttö	31
Uusioasfaltin käyttö	32
6.4 Asfalttimassan kuljetus	33
6.5 Polttoaineen kulutus	33
6.6 Sähköenergian kulutus	34
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>36</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>38</b>

## KUVAT

Kuva 1. Hiilijalanjäljen laskemisen vaiheet.	10
Kuva 2. Kokonaishiilijalanjälki.	28
Kuva 3. Aseman valmistus	29
Kuva 4. Raaka-aineiden toimitus.	30
Kuva 5. Asfalttimassan tuotanto.	31
Kuva 6. Vaahtobitumin käyttö.	31
Kuva 7. Uusioasfaltin käyttö.	32
Kuva 8. Asfalttimassan kuljetus.	33
Kuva 9. Polttoaineen kulutus.	34
Kuva 10. Sähköenergian kulutus.	34

## KUVIOT

Kuvio 1. Aseman hiilijalanjäljen jakaantuminen.	20
Kuvio 2. Asfalttiaseman polttoaineen kulutus.	26

## TAULUKOT

Taulukko 1. GWP-kertoimet (GHG Protocol).	9
---	---



# 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä määritetään Amomatic Oy:n asfalttiaseman elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt eli hiilijalanjälki. Hiilijalanjälkilaskelman määrittämiseen kuuluvia käsitteitä ja sen laskentaan liittyviä laatuvaatimuksia tarkastellaan PAS 2050 -ohjeistuksen avulla. Ennen tätä laskelmaa Amomatic Oy ei ollut määritellyt tuotteensa ympäristökuormaa. Laskelman avulla yritys saa ensimmäisen arvon ja mittarin tuotteensa kasvihuonekaasupäästöistä, jonka avulla voidaan myös vaivattomasti nähdä tulevaisuudessa tehtävien muutoksien vaikutus tuotteen hiilijalanjälkeen.

Hiilijalanjäljen laskemisessa ei pyritty noudattamaan mitään varsinaista standardia, koska työn alussa tehtyjen tutkimuksien jälkeen kävi ilmi, että saatavilla olevien ohjeiden noudattaminen tarkasti olisi ollut hyvin työlästä lukemattomien muuttujien takia. Työn tavoitteeksi määriteltiin asfalttiaseman koko elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen laskeminen. Laskentaan otettiin huomioon kaikki suurimmat kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavat tekijät ja käytettävän ajan mukaan laskelmiin lisättiin yksityiskohtaisempia muuttujia. Työllä oli toimeksiantajan puolesta kiire, joten rajauksia jouduttiin tekemään sekä ajankäytössä että työn laajuudessa.

Hiilijalanjäljen laskennan pääperiaatteiden määrittämiseen käytettiin Britannian standarditoimi-instituutin, British Standard Institutionin (BSI), julkaisemaa Publicly Available Specification 2050:a eli PAS 2050:a. Ohjeistuksesta on olemassa kaksi eri painosta vuosilta 2008 ja 2011. Niitä molempia käytettiin tässä työssä.

Hiilijalanjäljen määrittämisen lisäksi työn tavoitteena oli luoda yrityksen käyttöön hiilijalanjälkilaskuri, joka olisi helppokäyttöinen ja nopeasti muuteltavissa. Yritys valmistaa erikokoisia asemia, ja asiakkaasta riippuen tuotantomäärät tai kierrätysasfaltin käyttö asfalttimassan tuotannossa voi vaihdella. Laskurin avulla yritys kykenee asiakaskohtaisesti tutkimaan asemien aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä, ja pohtimaan millä tavoilla niitä voitaisiin pienentää.

## 2 HIILIJALANJÄLKI

YK:n ympäristöohjelman (UNEP) ja Maailman Ilmatieteellisen Järjestön (WMO) perustaman maailman johtavan ilmastonmuutosta tutkivan järjestön Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) vuoden 2013 ympäristöarvion mukaan ihmisten toiminnat jatkavat vaikuttamistaan maapallon energiatalouteen. Ympäristön lämpeneminen on kiistatonta, 1950-luvulta vuosikymmenten saatossa nykypäivään koetut muutokset ovat dramaattisia. Ilmakehä ja meret ovat lämmenneet, jään ja lumen määrä on vähentynyt, merenpinta on noussut ja kasvihuonekaasujen pitoisuudet ovat kasvaneet. (IPCC 2013.)

Vaikka ilmastonmuutos on peruuttamatonta, voidaan sen hillitsemiseen kuitenkin käyttää voimavaroja. Kasvihuonekaasupäästöjä vähentämällä voidaan vähentää ilmastokuormaa. Ilmastonmuutoksen hillitsemistä voidaan toteuttaa yksilö- tai suurella organisaatiotasolla. Kaikella on merkitystä, ja esimerkki voi saada aikaan lumipalloefektin. Suurimmat päästöt syntyvät energia- ja teollisuussektoreilta. Energiatehokkuuden lisääminen, uusiutuvien energiamuotojen käyttäminen ja teknologian kehittäminen ovat tärkeässä asemassa hillintätoimiin ryhtyessä. (Ympäristöministeriö 2013.)

Hiilijalanjäljen määritelmää käytetään kuvaamaan tuotteen, toiminnan tai palvelun aiheuttamia yhteenlaskettuja kasvihuonekaasupäästöjä. Sen avulla yksilö tai organisaatio voi arvioida osuuttaan ilmastonmuutokseen. Näiden päästöjen tunnistaminen ja niiden alkuperän ymmärtäminen ovat ensimmäinen vaihe niiden vähentämisessä. Nykyään organisaatiot keskittyvät yhä enemmän koko tuotantoketjun tuottamaan hiilijalanjälkeen, sen sijaan että keskittyttäisiin parantamaan vain oman tuotteen ilmastovaikutusta. (Guide to PAS 2050 2008, 1.)

Hiilijalanjäljellä viitataan myös tuotteen koko elinkaaren aikaisiin kasvihuonekaasupäästöihin. Yleensä käytetään kehdosta hautaan -periaatetta, jossa tuotteen elinkaari lähtee liikkeelle raaka-aineesta ja päättyy mahdolliseen hävitykseen tai kierrätykseen. Näiden vaiheiden välissä kasvihuonekaasuja tuottavat myös kuljetukset ja itse käyttö. Hiilijalanjälkeen sisältyvät kasvihuonekaasu-



päästöt ovat hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), metaani (CH<sub>4</sub>), typen oksidit (N<sub>2</sub>O) ja PFC-yhdisteet. (Guide to PAS 2050 2008, 2.)

Kaikkien kasvihuonekaasujen yhteenlaskettua ilmastovaikutusta kuvataan hiilidioksidiekvivalentilla (CO<sub>2</sub>e) (Guide to PAS 2050 2008, 19). Global warming potential (GWP) eli ilmaston lämmittämispotentiaali kertoo eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävän vaikutuksen verrattuna hiilidioksidiin sadan vuoden ajanjaksolla. Mitä suurempi on kasvihuonekaasun GWP-kerroin, sitä vaarallisempaa se on ilmastolle. (Guide to PAS 2050 2008, 18.) Yleisimpien kasvihuonekaasujen GWP-kertoimet ovat hiilidioksidilla 1, metaanilla 25 ja typpioksiduulilla 298 (Taulukko 1).

Taulukko 1. GWP-kertoimet (GHG Protocol).

Kasvihuonekaasu	Kemiallinen kaava	GWP-kerroin
Hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>	1
Metaani	CH <sub>4</sub>	25
Typpioksiduuli	N <sub>2</sub> O	298

Työn edetessä huomattiin, ettei kaikista kasvihuonekaasuja tuottavista toiminnoista ollut saatavilla kattavaa informaatiota. Tämä johti siihen, että joidenkin tekijöiden kohdalla jouduttiin käyttämään pelkästään hiilidioksidista koituvia päästöjä. Kaikki päästöt esitetään tässä työssä hiilidioksidiekvivalenttitonneina (tCO<sub>2</sub>e).

## 2.1 Laskentaperusteet

Guide to PAS 2050 -ohjeistuksen mukaan tuotteen hiilijalanjäljen määrittämiseen kuuluu viisi selvästi toisistaan erottuvaa vaihetta. Hiilijalanjäljen laskemisen eri vaiheita ovat prosessikartan laatiminen, rajojen määrittäminen, datan kerääminen, hiilijalanjäljen laskeminen ja lopuksi epävarmuuksien selvittäminen (Kuva 1). Ensimmäisenä hiilijalanjälkeä määriteltäessä on laadittava prosessi-

kartta, josta nähdään tuotteen elinkaaren aikaiset tapahtumat ja kaikki mahdolliset kasvihuonekaasupäästölähteet. (Guide to PAS 2050 2008, 10.)



Kuva 1. Hiilijalanjalan laskemisen vaiheet.

Prosessikaavion laatimisen jälkeen voidaan suorittaa työn rajaaminen. Rajauksella määritellään, kuinka tarkasti ja laajalti tuotteen hiilijalanjälki määritellään. Otaanko huomioon koko elinkaari vai jokin tietty osa siitä. Tämä on hiilijalanjalan laskemisen kriittisin vaihe. (Guide to PAS 2050 2008, 12.) Kun suunnitelmat ja rajaukset on lyöty lukkoon, voidaan aloittaa datan kerääminen ja hiilijalanjalan laskeminen. Kun laskenta on suoritettu, voidaan mahdollisesti vielä arvioida työn epävarmuuksia ja tarkkuutta. (Guide to PAS 2050 2008, 3.) Kuvassa 1 on havainnollistettu hiilijalanjalan laskennan eri vaiheet.

## 2.2 Prosessikaavio ja rajaaminen

Hiilijalanjalan laskennassa suunnittelu, johon kuuluu prosessikaavion laatiminen ja sen rajaaminen, on todella tärkeää. Se määrittelee suunnan koko hiilijalanjalan määrittämisprojektille. Jos heti suunnitteluvaiheessa jätetään huomiotta jotain oleellista ja unohdetaan rajata pois epäoleellisia turhaa työtä aiheuttavia tekijöitä, tuloksen tarkkuus voi laskea. Hiilijalanjalan rajoja määriteltäessä prosessikaaviota päivitetään sen mukaan vastaamaan uusia asetettuja rajoja. Suunnitteluun vaikuttaa myös, minkä tyyppistä hiilijalanjalan määrittäminen on. B2B (Business-to-business) -tyyppisessä laskennassa tuotteen tai toiminnan hiilijalanjälki loppuu siihen, kun tuote on toimitettu seuraavalle yritykselle.

le. B2C (Business-to-consumer) -tyyppisillä hyödykkeillä hiilijalanjälki muodostuu koko sen elinkaaren aikaisista toiminnoista. Raaka-aineista tuotteen hävittämiseen tai kierrätykseen saakka. (Guide to PAS 2050 2008, 10–11.) Koska asfalttiasema käyttää suuria määriä eri raaka-aineita kuten raaka-öljyä ja kiviainesta, tässä työssä pyrittiin käyttämään kehdosta hautaan -periaatetta (Cradle-to-gate). Se tarkoittaa hiilijalanjäljen laskemista raaka-aineiden hankinnasta valmiiseen tuotteeseen, joka on valmiina kuljetettavaksi kohti asiakasta. Se on saman tyyppinen laskutapa kuin edellä mainittu B2B, erona vain kuljetuksesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen puuttuminen. Tähän menetelmään päädyttiin, koska oli mahdotonta laskea keskimääräisiä kuljetusmatkoja raaka-aineille tuotantolaitoksilta asfalttiasemille.

### 2.3 Tiedon kerääminen

Suunnittelun, prosessikuvauksen ja rajauksen jälkeen vuorossa on datan kerääminen laskentaa varten. Data kerätään kaikista tekijöistä, jotka aiheuttavat kasvihuonekaasuja tai vähentävät niitä. Tiedon keräämisessä tulee huomioida tiedon oikeellisuus ja luotettavuus, jotta tuloksista saataisiin oikeita. Kerättävän tiedon tulisi olla kerättyä joltain pidemmältä aikaväliltä, esimerkiksi edellisen vuoden tilastoista. Näin päästään tulokseen, joka on vertailukelpoinen tulevaisuudessa ja myös muiden tuotteiden kanssa, joiden hiilijalanjälki on laskettu samalla tavalla. Mitä enemmän dataa ja mitä pidemmältä aikaväliltä sitä on kerätty, sitä tarkempi hiilijalanjälkilaskelman voidaan olettaa olevan. Tietoa kerätään kahta eri laatua, ensimmäisenä toimintotiedot eli esimerkiksi kuinka monta litraa polttoainetta tarvitaan jonkin tuotteen valmistamiseen. Lisäksi tarvitaan tietoa päästökertoimista, toisin sanoen kuinka paljon kasvihuonekaasuja yksi litra polttoainetta tuottaa palaessaan. (Guide to PAS 2050 2008, 15–20.)

## 2.4 Laskenta

PAS 2050 -ohjeistuksen mukaan tuotteen elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen laskemisessa täytyy ottaa huomioon sekä sen synnyttämät kasvihuonekaasupäästöt että sen kasvihuonekaasuvähennykset. Esimerkiksi tuotteen kierrätyksestä aiheutuu kasvihuonekaasuvähennyksiä. Kun tiedot on kerätty, on helppo määrittää esimerkiksi tavaran kuljetuksen eli kuorma-auton hiilijalanjälki. Yksikönä voidaan käyttää kilometriä. Kun kuorma-auton tuottamat kasvihuonekaasupäästöt kilometriä kohden on saatu selville, voidaan eri kasvihuonekaasujen ilmaston lämmittämispotentiaalin avulla laskea hiilidioksidiekvivalentti yhdelle kilometrille. Tulos kertoo yhden ajatun kilometrin aiheuttaman hiilijalanjäljen. (PAS 2050 2011, 24.) Eri toimintojen hiilijalanjälki voidaan laskea alla olevalla kaavalla 1.

$$\text{Hiilijalanjälki} = \text{Toimintotieto}(kg, kWh, km) * \text{Päästökerroin}(CO_2e \text{ per yksikkö})$$

Kaava 1. Toiminnan hiilijalanjäljen laskeminen (Guide to PAS 2050 2008, 20).

## 2.5 Epävarmuuden tarkastelu

Kun laskenta on suoritettu, voidaan saadulle hiilijalanjäljelle suorittaa vapaavalintainen epävarmuustarkastelu. Hiilijalanjäljen tarkastelu jälkikäteen ja sen kriittinen arviointi lisäävät sen luotettavuutta. Tarkastelun jälkeen voidaan tehdä luotettavimpia arvioita eri tuotteita vertailtaessa ja päätöksiä tehdessä. Jos epävarmuustarkastelussa ilmenee joitain huomautuksia, esimerkiksi data on jo prosessin kuluessa vanhentunut tai saataville on tullut uutta luotettavampaa tietoa, on muutokset helppo tehdä. (Guide to PAS 2050 2008, 34-35.)

### 3 AMOMATIC OY

Amomatic Oy:lla on pitkä historia korkealaatuisten modulaaristen asfalttiasemien valmistuksessa. Modulaarisen järjestelmän kehittämiseen on kulunut 15 vuotta, ja kehitys on perustunut vahvaan asiakaslähtöiseen kehittämiseen. Tämän tuloksena on syntynyt Pohjoismaiden johtava asfalttiasemavalmistaja. (Amomatic Oy 2014)

Asfalttiasemien modulaarinen rakenne tuo mukanaan monia etuja. Uusien moduulien asentaminen tai vanhojen vaihtaminen tarpeen mukaan on helppoa ja nopeaa. Modulaariset asemat ovat yhtä tehokkaita kuin kiinteät asemat, mutta monipuolisempia niiden liikuteltavuuden ansiosta, antaen asiakkaalle strategisen edun kilpailijoihin nähden. Modulaariset asfalttiasemat voidaan siirtää muuttamassa päivässä uuteen kohteeseen kuorma-autoja käyttämällä. (Amomatic Oy 2014)

Amomaticin historia alkoi vuonna 1919 pienestä metallipajasta nimeltä Vähäsilta. Osoituksena yrityksen monipuolisuudesta, se valmisti tuotteita aina rautakangista sukellusveneiden runkoihin. Ensimmäiset osat asfalttiasemiin se valmisti 1960-luvulla, ja kokonaisten asfalttiasemien tuotannon yritys aloitti 1970-luvulla. 1980-luvulta lähtien asfalttiasemat on valmistettu Amomatic Oy -nimen alla. (Amomatic Oy 2014)

1990-luvulla asfalttiasemat siirtyivät digitaaliaikaan ja Amomatic sai idean asemien modulaarisuudesta. 2000-luvulta lähtien Amomatic Oy on keskittynyt asfalttiasemien ja suurten kuivausrumpujärjestelmien tuotantoon. Tulevaisuudessa modulaarisuus ja helppokäyttöisyys ovat vielä entistä enemmän osa yrityksen toimenkuvaa. (Amomatic Oy 2014)

Amomatic Oy:n tuotevalikoimaan kuuluu 4 erikokoista asfalttiasemaa, joiden koko määräytyy niiden tuotantotehojen mukaan. Pienimmän standardimallisen aseman tuotantoteho on 160 tonnia asfalttimassaa tunnissa ja suurimman 300 tonnia valmistamassa tunnissa. Asemat toimivat annosperiaatteella ja ovat

modulaarisia. Niillä voidaan valmistaa lähes kaiken tyyppisiä asfalttimassoja. (Amomatic Oy 2015.)

Asfalttiasemien lisäksi Amomatic Oy:n tuotteisiin kuuluvat kierrätysasfalttilaitteet ja polttimet. Yrityksellä on usean vuoden kokemus kierrätysasfalttilaitteista ja niiden kehityksestä Skandinaviassa. Asfaltin uusiokäyttäminen on luonnollisesti ympäristöystävällistä ja samalla kustannustehokasta. Kierrätettävän asfaltin osuus valmiista asfalttimassasta voi olla jopa 60 % käytettäessä kierrätysasfalttilaitteistoja. Myös kierrätysasfalttilaitteet ovat rakenteeltaan modulaarisia. (Amomatic Oy 2015a.)

Amomatic Oy toimittaa myös polttimia sekä teollisuus- että kotitalouskäyttöön. Yrityksen tuotevalikoimassa on erilaisia kaas-, neste- ja yhdistelmäpolttimia. Asfalttiasemilla polttimia käytetään kuivausrummuissa kiviaineksen lämmittämiseen ja kuivattamiseen. (Amomatic Oy 2015b.)

## 4 ASFALTIN VALMISTUS ANNOSPERIAATTEELLA

Amomatic Oy:n asfalttiasemat toimivat annosperiaatteella. Asfaltti sisältää kivimateriaaleja, täytejauhetta, sideainetta ja joitain lisäaineita, jotka valmistusprosessissa esikäsitellään sekoitusprosessiin sopivaksi. Ne annostellaan sekoittimeen ennalta määrättyssä suhteessa, jolloin niistä saadaan homogeenistä asfalttimassaa. Tuotettu massa on valmista levitettäväksi, ja se varastoidaan siloihin odottamaan kuljetusta levityspaikalle.

### 4.1 Esisuhteutus kylmäsyöttölaitteessa

Kylmäsyöttölaitteeseen syötetään asfaltin valmistuksessa käytettävä kivimateriaali. Kylmäsyöttölaitteen siloihin kivimateriaalit lajitellaan lajikkeittain, mistä ne syötetään silojen alla oleviin hihnasyöttimiin. Hihnasyöttimien nopeus on portaattomasti säädettävissä ja nopeus asetetaan jokaiselle lajikkeelle niin, että niiden määrä ja suhde pysyvät vakiona seulan alla olevassa kuumalajikesiilossa. Jokainen ns. resepti eli ennalta määritelty asfalttimassalaatu vaatii tietynlaisen kiviaineksen suhteen, mitä säädetään hihnapyörien nopeuksilla mitkä taas voidaan helposti tallentaa ohjausjärjestelmään reseptikohtaisesti. Kiviainekset sijaitsevat kylmäsyöttölaitteen läheisyydessä lajikkeittain ja ne syötetään siloihin pyörökuormaajalla. Silojen päällä olevat välvät estävät ylisuurten kivien ja vieraiden esineiden joutumisen prosessiin. (Suomi 2009, 2.)

### 4.2 Kivimateriaalin kuivaus

Kylmäsyöttölaitteesta kivimateriaali syötetään kuivausrumpuun, missä kivistä poistetaan kosteus ja se lämmitetään haluttuun lämpötilaan jatkokäsittelyä varten. Käytettäviä rumpuja on kolmea eri mallia, riippuen lämmitettävästä raaka-aineesta. Yleisimmin käytetty rumpu on vastavirtarumpu, missä kiviaineksen syöttö ja poltin sijaitsevat rumpun vastakkaisissa päissä. Toinen malli on keskiyöttörumpu, joka toimii muuten samalla tavalla kuin vastavirtarumpu, mutta

sen keskivaiheelta syötetään kiviaineksen joukkoon kierrätysasfalttirouhetta. Kolmas rumpumalli on RC-rumpu, jota käytetään pelkästään kierrätysasfaltin lämmittämiseen ja toimii vastakkaisella periaatteella kuin vastavirtarumpu. RC-rummussa kierrätysasfaltti syötetään samasta päästä kuin missä poltin sijaitsee. (Länsitalo 2014, 18.)

Vastavirtarumpua käytettäessä kiviaines lämpenee tasaisesti ja mahdollisimman pitkään. Kiven haluttua lämpötilaa voidaan säädellä rummun kaltevuutta, pyörimisnopeutta ja polttimen tehoa muuttamalla. Kiven loppulämpötilaan vaikuttaa myös materiaalin syöttömäärä. Rummun pyöriessä sen sisällä olevat nostosiivet kuljettavat lämmitettävän kivimateriaalin lieriön yläosaan, mistä pudotessaan se muodostaa tasaisen kiviverhon. Polttimen tuottamat savukaasut poistavat kosteuden ja lämmittävät kivimateriaalin. Savukaasut imetään pois rummusta keskipakopuhaltimella polynerotuslaitteiston läpi siitä päästä, mistä kivimateriaali on syötetty. Näin palokaasuista saadaan maksimaalinen hyöty ja päästään hyvään lämpötalouteen. (Suomi 2009, 3.)

#### 4.3 Kuljetus sekoitintorniin

Kuumaelevaattorilla kuuma kiviaines nostetaan sekoitintornin ylimpään osaan sen sisäänmenoaukolle. Kuumaelevaattori on tyypiltään ketjuelevaattori. (Suomi 2009, 3.)

#### 4.4 Seulonta ja sekoitus

Kun kuuma kiviaines on kuljetettu sekoitintornin yläosaan, se lajitellaan kuumalajikesiiloihin kivien raekokojen mukaan. Näitä siiloja on tavallisesti 3–6 kappaletta. Kun asfalttimassaa valmistetaan annosperiaatteella, jokainen sekoitus tehdään annos kerrallaan. Kuumalajikesiilosta kiviainesta annostellaan jokaista lajiketta yksitellen seulan alla olevaan kivivaakaan asfalttimassan reseptin mukainen määrä. Myös täytejauhe ja sidosaine annostellaan samalla omiin vaukoihinsa. Kun materiaalit on punnittu, ne pudotetaan ja pumpataan sekoittimeen



reseptin mukaisessa järjestyksessä. Sekoittimen sekoitettua materiaalit keskenään valmis homogeeninen asfalttimassa pudotetaan sekoittimesta suoraan kuorma-auton lavalle tai vaihtoehtoisesti massavaunuun joka, kuljettaa sen varastointisiiloon. (Suomi 2009, 4.)

#### 4.5 Täytejauheiden käsittely ja annostelu

Täytejauheiden siilot sijaitsevat sekoitintornin sivulla. Kiviaineksen kuivaamisessa syntyvä pöly otetaan talteen ja kuljetetaan yhteen näistä siiloista myöhempää käyttöä varten. Muita täytejauheita ovat kalkkijauhe ja lentotuhka, jotka kuljetetaan asemalle kuorma-autoilla. Siiloista täytejauheet annostellaan täytejauhevaakaan reseptin mukaisesti, josta ne edelleen siirretään sekoittimeen. (Suomi 2009, 4.)

#### 4.6 Sideaineen käsittely ja annostelu

Sideainetta eli bitumia varastoidaan asfalttiaseman läheisyydessä säiliöissä, kuten muitakin asfalttimassan raaka-aineita. Säiliöt ovat lämmitettyjä, jotta bitumi säilyy nestemäisessä muodossa. Sideainetta pumpataan sideainevaakaan reseptin mukainen määrä. Kun vaaka näyttää haluttua arvoa, putkiin jäänyt bitumi pumpataan takaisin lämmitettyyn säiliöön kolmitieventtiilin avulla. Tällä vältetään bitumin jäähtyminen ja putkistojen tukkiutuminen. Punnituksen jälkeen bitumi ruiskutetaan sekoittimeen tasaisena verhona, jolloin se saadaan leviämään valmistettavaan massaansa kauttaaltaan. (Suomi 2009, 4.)

#### 4.7 Lisäaineiden käsittely ja annostelu

Asfalttimassan valmistuksessa lisäaineita käytetään korostamaan tai lisäämään jotain siltä haluttua ominaisuuksia, kuten kulutuskestävyyttä tai vesitiiveyttä. Myös jotkin bitumi- ja kivilaadut tarvitsevat sideaineen tarttuvuutta parantavia ominaisuuksia.

Vesitiiveyttä halutessa sideaineeseen lisätään kumimateriaalia. Kumin ja sideaineen sekoitus sekoitetaan asfalttimassan sekaan kuten tavallinen sideaine. Asfaltin kulutuskestävyyttä voidaan lisätä karkeamman kiviaineksen osuutta lisäämällä. Karkeaa kiviainesta käytettäessä rakeiden välille muodostetaan vahva liitos käyttämällä sideainetta, täytejauhetta ja selluloosakuitua. Tätä sitkeää liitosta kutsutaan myös mastiksi. (Suomi 2009, 5.)

#### 4.8 Pölyn erotus savukaasuista

Palokaasuja käytetään kivien lämmittämiseen kuivausrummussa. Kun savukaasut ovat luovuttaneet suurimman osan lämpöenergiasta kiviainekseen ja kulkeutuneet polttimesta rummun vastakkaiseen pätyyn, niihin on sitoutunut hyvin hienojakoista kivipölyä. Näitä pölyjä sisältäviä palokaasuja ei ole taloudellisista tai ympäristönsuojelullisista syistä järkevää päästää suoraan sellaisenaan luontoon. Asfalttiasemalla pöly erotetaan savukaasuista ja palautetaan prosessiin, täytejauheen muodossa. Pölyn suodattamiseen käytetään niin sanottua kuiva pussisuodatinta, joka sitoo pölypartikkelit savukaasuista itseensä. Tämän jälkeen puhtaat savukaasut voidaan johtaa ulkoilmaan. (Suomi 2009, 6.)

#### 4.9 Valmiin asfalttimassan varastointi

Kun sekoitin on valmistanut annoksen valmista asfalttimassaa, se pudotetaan joko suoraan kuorma-autoon tai massavaunuun. Samaan aikaan kun sekoittimessa alkaa uuden annoksen sekoitus, massavaunu kuljettaa siihen pudotetun annoksen sekoitintornin vieressä oleviin varastosiiiloihin. Varastosiiiloista massa on helppo pudottaa edelleen kuljetusauton lavalle. (Suomi 2009, 6.)

#### 4.10 RC-rouheen käyttö asfalttimassan valmistuksessa

RC-rouheen eli vanhaa kierrätettävää asfalttia voidaan lisätä valmistettavan asfalttimassan joukkoon kolmella eri tavalla. RC-rouheen jatkuva lisäys norma-

liin kiviaineksen sekaan keskisyöttörummun avulla. Kiviaines syötetään rumpuun normaalisti polttimen vastakkaisesta päädyistä ja RC-materiaalia lisätään kivimateriaalin joukkoon rummun keskiosasta. Koska RC-rouhe on valmista asfalttia ja sisältää bitumia, keskisyötöllä vältetään materiaalin lämpötilan liika kohoaminen ja estetään sen syttyminen. Keskisyötöllä tapahtuvan rouheen lisäyksessä sen määrä on pieni, maksimissaan 15 %. (Länsitalo 2014, 20.)

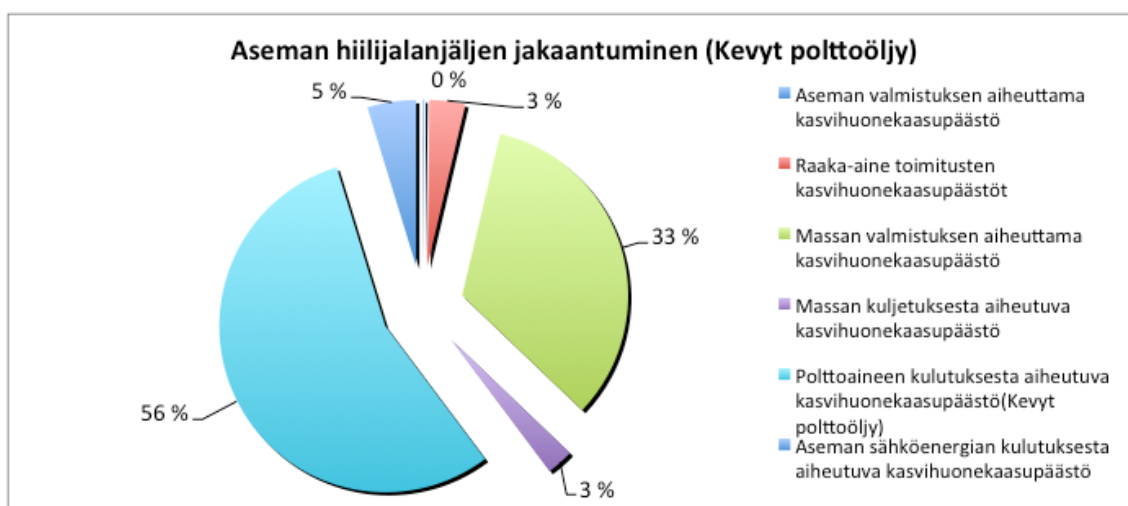
Toisena vaihtoehtona on lisätä kuuma RC-rouhe suoraan sekoittimeen. Kierrätysasfaltin lämmittämiseen käytetään omaa myötävirtarumpua, missä materiaali syötetään rumpuun samasta päästä kuin missä poltin sijaitsee. Tällöin kylmälle ja kostealle materiaalille voidaan antaa ns. lämpöshokki. Materiaalin kosteus estää sitä syttymästä palamaan. Materiaalin siirtyessä rummussa pois päin polttimesta, se ei pääse kuumentamaan liikaa mutta pysyy lämpimänä. Rummusta ulostuleva lämmin RC-rouhe punnitaan sille tarkoitettuun vaa'assa, jonka jälkeen se syötetään sekoittajaan uusista materiaaleista valmistetun asfaltin joukkoon. Tällä menetelmällä kierrätysasfaltin määrä uudessa asfalttimassassa voidaan nostaa jopa 50 %. (Suomi 2009, 8.)

Kierrätysasfalttia voidaan lisätä valmistettavaan massaan myös kylmänä. Tällöin kylmä ja kostea RC-rouhe punnitaan omalla vaa'allaan ja lisätään suoraan kuuman asfalttimassan joukkoon sekoittimeen. (Suomi 2009, 9.)

## 5 ASFALTTIASEMAN HIILIJALANJÄLKI

Asfalttiaseman hiilijalanjäljen määrittämisessä lähdettiin liikkeelle perehtymällä itse hiilijalanjälkeen. Kun hiilijalanjäljen määrittämisen vaiheet olivat selvillä, voitiin tutustua asfalttiaseman elinkaaren aikaiseen prosessikaavioon. Työntekijöitä haastatteleamalla ja toiminnassa olevalla asfalttiasemalla vieraillemalla saatiin hyvä yleiskuva siitä, mitä vaiheita asfalttiaseman elinkaareen sisältyy. Lopulta kävi, selväksi ettei aivan kaikkia prosesseja voitu ottaa laskurissa huomioon, koska niiden vaikutus kokonaishiilijalanjälkeen olisi ollut marginaalinen suhteutettuna niiden selvittämiseen käytettävän työn määrään. Prosessien rajauksilla saatiin säästettyä paljon aikaa ja karsittua pois turhaa aikaa vievät pienet muuttajat.

Asfalttiaseman hiilijalanjäljen laskenta jaettiin kuuteen eri prosessiin, joiden yhteenlasketuista kasvihuonekaasupäästöistä muodostui kokonaishiilijalanjälki elinkaaren aikana. Kuvioista 1 nähdään nämä prosessit ja niiden prosentuaaliset osuudet kokonaishiilijalanjäljestä kevyttä polttoöljyä käytettäessä. Nämä prosessit ovat aseman valmistus ja kierrätys, raaka-aineiden toimitus asfalttiasemalle, asfalttimassan raaka-aineiden tuotanto, asfalttimassan kuljetus sekä polttoaineen että sähköenergian kulutus asemalla.



Kuvio 1. Aseman hiilijalanjäljen jakaantuminen.

Lisäksi määritettiin aseman hiilijalanjälki erikseen vaahtobitumia ja RC-rouhetta käytettäessä. Kaikissa näissä osioissa tehtiin rajauksia, jotka selitetään myöhemmin tässä työssä. Rajauksia pohdittiin yhdessä yrityksen työntekijöiden kanssa, koska haettiin tarpeeksi tarkkaa mutta kuitenkin yksinkertaista hiilijalanjälkilaskuria.

Toimeksiantajalta tuli myös pyyntö, että laskuri olisi helposti muunneltavissa. Laskuri myös tehtiin sellaiseksi, että muuttujien arvoja on yksinkertaista muuttaa, ja niiden vaikutus näkyy välittömästi kokonaishiilijalanjäljessä. Esimerkiksi jos polttoaineen kulutusta saataisiin vähennettyä 5 %, olisi se vaivattomasti muokattavissa laskuriin, joka on Excel-taulukkona. Näin nähdään muutoksien välitön vaikutus aseman kasvihuonekaasupäästöihin. Laskurissa voidaan muokata mm. vuosittaisen asfalttimassan tuotannon määrää, kiviaineksen kosteutta ja lämpötilaa sekä RC-rouheen prosentuaalista määrää tuotetusta asfalttimassasta.

Laskurissa on myös mahdollisuus vertailla, milloin asemaa on järkevää siirtää lähemmäksi esimerkiksi massan levityspaikkaa tai kiviaineksen louhintapaikkaa. Kun tiedetään massan tuotannon määrä ja matka levitys- ja kiviaineksen louhintapaikalle, nähdään Excelin laskemasta taulukosta, milloin asemaa kannattaisi siirtää, jotta kasvihuonekaasupäästöt saataisiin minimoitua.

## 5.1 Aseman valmistus ja kierrätys

Aseman valmistuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt asfalttiaseman elinkaaren aikana ovat hyvin marginaalisia, mutta ne haluttiin mukaan laskuihin, jotta saataisiin suhteellinen käsitys siitä, mihin suuntaan esimerkiksi tuotekehityksessä tulisi panostaa. Koska yritys tarjoaa tuotantotehoiltaan erikokoisia asfalttiasemia, oli mahdotonta määrittää aseman tarkkaa painoa. Aseman painoksi lukittiin työntekijöiden kanssa käydyn keskustelun jälkeen 200 000 kiloa. Paino on myös myöhemmin muunneltavissa. Vaikka todellisuudessa aseman paino koostuu pääasiassa hiiliteräksestä, laskuissa on käytetty ruostumattoman teräksen valmistuksesta aiheutuvaa päästökerrointa. Tutkimusten jälkeen selvi-

si, että näiden kahden eri teräslaadun päästökertoimet olivat hyvin lähellä toisiinsa. Ruostumattoman teräksen päästökertoimen käyttöön päädyttiin luotettavamman ja selkeämmän Outokummun lähteen takia. Tämän jälkeen laskuissa koko aseman painon oletettiin koostuvan ruostumattomasta teräksestä. Teräksen kierrätysprosentti on nykyään noin 80–90, mikä voitiin vähentää aseman valmistuksesta aiheutuneista kasvihuonekaasupäästöistä. Teräksen kuljetuksesta tai aseman kokoamisesta aiheutuneita päästöjä ei tässä laskurissa otettu huomioon.

## 5.2 Raaka-aineiden toimitus asfalttiasemalle

Raaka-aineiden toimituksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt aiheutuvat kuljetuksista, joita tarvitaan raaka-aineiden siirtämiseen tuotantotehtailta asfalttiasemalle. Laskuriin on otettu huomioon asfalttimassan 3 pääraaka-ainetta; kiviaines, bitumi ja filleri eli kalkki. Taulukossa on mukana myös muut lisäainekohta, johon tarvittaessa voidaan lisätä joitain muita raaka-aineita. Raaka-aineiden prosentuaaliset osuudet on laskettu valmiiksi ja niiden määrä riippuu laskurin käyttäjän määrittelemästä vuosituotantokapasiteetista. Laskurissa oletetaan, että raaka-aineita kuljetetaan täysillä perävaunuyhdistelmillä maantiejossa 100% kuormalla. Toimitusten kilometrimäärää on mahdollista muuttaa, jolloin syntyneiden kasvihuonekaasupäästöjen arvo lisätään reaaliaikaisesti kokonaishiilijalanjälkeen. Raaka-aineiden toimituksista aiheutuvien kasvihuonekaasujen osuus aseman kokonaispäästöistä on 30–40 kilometrin toimitusetäisyyksillä noin 3 %.

## 5.3 Asfalttimassan raaka-aineiden tuotanto

Tässä hiilijalanjälkilaskurissa on otettu huomioon 3 pääraaka-ainetta jotka ovat; kiviaines, bitumi (sideaine) ja kalkki. Muut asfaltin valmistukseen käytettävät raaka-aineet ovat yksittäisiä lisäaineita, kuten kuitu, amini ja gilsoniitti. Lisäaineiden lukumäärä on lähes rajaton, joten niitä ei ole tässä laskurissa otettu huomioon niiden marginaalisten osuuksien vuoksi.

Asfalttia valmistetaan moniin käyttökohteisiin. Lajikkeet jakautuvat käyttökohteissa vielä moniin kerroksiin, joten eri asfalttimassalaatuja on runsas määrä. Yksilöllisiä asfalttimassalaatuja saadaan tuotettua niille osoitetuilla resepteillä, jotka kertovat järjestelmälle missä suhteessa kutakin raaka-ainetta kyseiseen asfalttilaatuun on sekoitettava. Käyttökohteet määrittelevätkin mitä raaka-aineita kuhunkin massalaatuun tulee lisätä. (Länsitalo 2014, 64-65.) Resepteissä ei ole suuria eroja ja tähän laskuriin on valittu suomen tieliikenteessä yksi yleisimmin käytetyistä asfalttimassalaaduista. Laskurissa reseptiä on helppo muokata jälkikäteen.

Voidaan olettaa, että pääraaka-aineiden suhde asfalttimassassa on kutakuinkin; kiviaines 94%, bitumi 5% ja kalkki <1%. Loput ovat asfalttimassalaadusta riippuen eri lisäaineita. Kaikkiin päällystetöihin käytettävien mineraaliainesten yhteisnimitys on kiviaines. Kiviaines on tavallisesti murskettua, hiekkaa tai täytejauhetta. Ne voidaan jakaa alkuperänsä mukaan joko kallio- tai soramurskeisiin. (Hartikainen 2002, 96.)

Bitumi eli sideaine on valmistettu maaöljystä tai luonnonasfaltista saatu tumma, jähmeä, pääasiassa hiilivetyjä sisältävä tuote (Päällystealan Neuvottelukunta 2011, 29). Se toimii nimensä mukaisesti asfaltin sideaineena ja pitää massan tiiviinä. Ne luokitellaan niiden tunkeumaluokittain, jotka kertovat myös niiden fysikaalisista ominaisuuksista. Mitä pienempi bitumin tunkeuma-arvo on, sitä kovempaa se on ja sitä korkeampia ovat sen pehmenemis- ja murtumispisteet (Länsitalo 2014, 67).

Kalkkikiveä käytetään asfalttimassan täyteaineena. Sillä parannetaan asfaltin pitkäaikaiskestävyyttä, mutta se on samalla kustannustehokas ja ympäristöystävällinen tuote. Sitä on prosentuaalisesti hyvin vähän asfaltin kokonaismassassa.

Laskurissa käytettävien raaka-aineiden kasvihuonekaasupäästöarvot on saatu suoraan raaka-aine toimittajilta. Luvut ovat kehdestä portille -arvoja (cradle to gate), jotka sisältävät tuotteen hiilijalanjäljen sen louhinnasta läpi tuotannon aina sitä tuottavan yrityksen portille saakka.

Myös asfalttimassan vuosituotannon määrällä on vaikutusta aseman koko elinkaaren aikaiseen hiilijalanjälkeen. Laskurissa arvo on lukittu yrityksen henkilökunnan kanssa käymien keskustelujen jälkeen arvoon 150000 tonnia vuodessa, mutta sekin on muutettavissa jälkikäteen tuotannon ja aseman koon mukaan.

### Vaahto-bitumin käyttö

Kun asfalttimassan tuotannossa käytetään vaahto-bitumia, kiviainekseen ruiskutettavaan bitumiin syötetään korkealla paineella vettä, jolloin se saadaan hetkellisesti kuohumaan ja sen tilavuus moninkertaistuu. Vaahdotettu bitumi leviää nopeammin ja tasaisemmin kiviainekseen. Tätä menetelmää kutsutaan WMA (Warm Mix Asphalt) -tekniikaksi. Vaahto-bitumia käytettäessä bitumin määrää voidaan vähentää noin 5 %:lla ja kiviaineksen lämpötilaa laskea 20-30 celsiusasteella. Muilta osin asfalttimassan valmistus ei eroa normaalista annospäätetystä tuotannosta. (Länsitalo 2014, 73.)

Vaahto-bitumilla saadut ympäristöhyödyt johtuvan bitumin käytön säästöstä, joka on raaka-aineista eniten yksikköä kohti saastuttavin tuote. Myös polttoaineen kulutuksen kasvihuonekaasupäästöjä saadaan pienennettyä, kun kiviaineksen lämmittämiseen tarvitaan vähemmän energiaa. Jotta asfalttiasemalla voidaan käyttää vaahto-bitumitekniikkaa, on asennettava erilliset vaahto-bitumilaitteistot. Aseman hiilijalanjälki laskettiin myös vaahto-bitumia käytettäessä, jotta saataisiin hyvä vertailukohta perinteiseen tuotantoon nähden.

### Uusioasfaltin käyttö

Uusioasfaltti on asfalttimassaa, joka sisältää vähintään 20% vanhaa asfalttia yleensä rouheena. Rouhetta kutsutaan RC-rouheeksi. (Hartikainen 2002, 100.) Laskurissa on oletettu RC-rouheen käytön olevan hiilineutraalia. Esimerkiksi jos kierrätysrouhetta lisätään valmistettavaan massaan 30%, massan tuotannosta 30% ei tuota ollenkaan kasvihuonekaasupäästöjä. RC-rouheen käyttö asfalttimassan valmistuksessa on selitetty aiemmin tässä työssä. Ennen kuin vanhaa



asfalttia voidaan käyttää massan tuotantoon, on se jyrstäv ja murskattava. Vanhan asfaltin jrsinnstä ja murskauksesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä ei laskurissa ole otettu huomioon. Sen sijaan vanhan asfaltin kuljetus asemalle aiheuttaa päästöjä. Kuljetettavaa matkaa voidaan muuttaa laskurissa.

Jyrsitty vanha asfaltti vaatii oman myötävirtarummun. Tällä menetelmällä kierrätysasfaltin määrä asfalttimassassa voidaan nostaa jopa 50 %. Toisen rummun käyttö lisää polttoaineen kulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä. Menetelmä on yleisimmin käytetty, ja siksi tähän työhön käytetyt laskut uusioasfaltin käytön osalta perustuvat siihen.

Tässä työssä uusioasfaltin käytölle laskettiin myös oma elinkaaren aikainen hiilijalanjälki, jossa rouheen osuuden massasta oletettiin olevan 50 %. Suhde on muutettavissa laskurissa. Laskuriin on myös huomioitu polttoaineen kulutuksen kasvaminen, yrityksen työntekijöiltä saamien tietojen mukaan polttoaineen kulutus kasvaa noin yhden kilon asfalttimassatonna kohden kun tuotanto on käynnissä.

#### 5.4 Asfalttimassan kuljetus

Asfalttimassan kuljetuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt on laskettu samalla tavalla kuin raaka-aineiden toimituksesta syntyvät päästöt. Poikkeuksena vain kuljetusmatka, joka on asfalttiaseman ja levityspaikan välinen matka. Asfalttimassan kuljetuksesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen osuus kokonaishiilijalanjäljestä on sama kuin raaka-aine toimituksilla ja riippuu asfalttiaseman ja levityspaikan välisestä etäisyydestä.

#### 5.5 Polttoaineen kulutus

Polttoaineen kulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat prosentuaalisesti ylivoimaisesti suurin päästöjen aiheuttaja aseman elinkaaren aikana. Kuvioista 1 nähdään, että polttoaineen kulutus kattaa vajaan kolmanneksen aseman kokonaishiilijalanjäljestä. Polttoainetta käytetään polttimissa, joilla lämmite-

tään kiviainesta ja sen kuumentaminen lähes 200 celsiusasteeseen vaatii huomattavan määrän energiaa. Asfalttiaseman hiilijalanjälki laskettiin kolmella eri polttoaineella; kevyellä ja raskaalla polttoöljyllä sekä maakaasulla. Kevyttä ja raskasta polttoöljyä säilytetään tankeissa aseman välittömässä läheisyydessä. Maakaasun käyttöä varten asemalle tulee rakentaa putkilinja.

*Voit syöttää sinisiin kenttiin muuttujien arvoja.*

<b>POLTOAINEEN KULUTUS (Kevyt polttoöljy)</b>		<b>240 t/h</b>
Rummusta ulostuleva teho		228 t/h
Kiviaineen loppulämpötila ulos rummusta		180 °C
Kiviaineen alkulämpötila		10 °C
Kiviaineen kosteus		4 %
Savukaasujen lämpötila		110 °C
Ulkoilman lämpötila		15 °C
Kiven lämmittämiseen tarvittava polttoaine määrä	835,1 kg/h	54,0 %
Veden lämmittämiseen tarvittava polttoaine määrä	83,9 kg/h	5,4 %
Veden höyrystämiseen ja höyryn lämmittämiseen tarvittava polttoainemäärä	506,3 kg/h	32,7 %
Varasilman lämmittämiseen tarvittava polttoainemäärä	26,8 kg/h	1,7 %
Paloilman lämmittämiseen tarvittava polttoainemäärä	95,0 kg/h	6,1 %
Jään lämmitykseen ja sulatukseen tarvittava polttoainemäärä	0,0 kg/h	0,0 %
<b>LAMMITYSPROSESSISSA KULUVA POLTOAINEMÄÄRÄ (kevyttä polttoöljyä)</b>	<b>1547,11 kg/h</b>	

Kuvio 2. Asfalttiaseman polttoaineen kulutus.

Kuviosta 2 nähdään kuinka käyttäjä voi laskurissa sinisien kenttien arvoja muuttamalla nähdä olosuhteiden vaikutukset polttoaineen kulutukseen. Arvoja muuttamalla käyttäjä näkee reaaliaikaisesti polttoaineen kilomääräisen kulutuksen tunnissa. Kun olosuhteet on määriteltä, ohjelma laskee automaattisesti polttoaineen kulutuksen asfalttimassatonnia kohden ja siitä syntyvät kasvihuonekaasupäästöt. Ohjelmasta on nähtävissä syntyvät päästöt asfalttimassatonnia, vuotta ja aseman elinkaarta kohden. Kuviossa 2 käytettävät ominaisuudet ovat käytettävissä vain, kun asemaa ajetaan kevyellä polttoöljyllä. Raskaan polttoöljyn ja maakaasun keskimääräiset kulutukset on saatu yrityksen omista mittauksista toiminnassa olevilta asfalttiasemilta.

## 5.6 Sähköenergian kulutus

Sähköenergiaa käytetään koko aseman ylläpitoon, kaikkiin asemalla käytettäviin laitteisiin sekä bitumin lämmitykseen. Jäähtyessään bitumi jähmettyy ja se

voi tukkia putket sekä venttiilit. Bitumia lämmitetään ympäri vuorokauden tankeissa, joissa on suuret sähkövastukset. Asfalttiaseman sähköenergian kulutuksen keskiarvo on saatu yrityksen omista mittauksista.

## 6 LASKENNAN TULOKSET

Työn tuloksena Amomatic Oy:lle valmistui hiilijalanjälkilaskuri, joka on hyvin monipuolinen ja kattaa kaikki asfalttiaseman elinkaaren kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavat tekijät. Laskuri on helppokäyttöinen, muunneltavissa oleva ja tarjoaa paljon hyödyllistä dataa aseman päästöihin liittyen. Alla olevat kuvat ovat kuvakaappauksia valmiista laskurista, joka on yrityksen käytössä. Kuvien avulla kerrotaan työn tulokset, eli lasketut kasvihuonekaasupäästöt. Samalla havainnollistetaan laskurin rakennetta. Päästöt on ilmoitettu sekä vuosi että koko elinkaaritasolla. Elinkaareksi on valittu 15 vuotta.

Aseman vuosituotanto (Tonneja)	150000	t
<b>Hiilijalanjälki muodostuu alla olevista kokonaisuuksista</b>		
	<b>t CO<sub>2</sub>-ekv</b>	
Aseman valmistuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	160	t CO <sub>2</sub> -ekv
Raaka-ainetoimituksista syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	2835	t CO <sub>2</sub> -ekv
Massan valmistuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	27121	t CO <sub>2</sub> -ekv
Massan kuljetuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	2126	t CO <sub>2</sub> -ekv
<i>Polttoaineen kulutuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt(Kevyt polttoöljy)</i>	45014,61	t CO <sub>2</sub> -ekv
<i>Polttoaineen kulutuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt(Raskas polttoöljy)</i>	54138	t CO <sub>2</sub> -ekv
<i>Polttoaineen kulutuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt(Maakaasu)</i>	36987	t CO <sub>2</sub> -ekv
Sähköenergian kulutuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	3850	t CO <sub>2</sub> -ekv
Aseman purusta ja kierrätyksestä syntyvät kasvihuonepäästöt*	144	t CO <sub>2</sub> -ekv
<b>Hiilijalanjälki elinkaaren aikana(Kevyt polttoöljy)</b>	<b>80962</b>	<b>t CO<sub>2</sub>-ekv</b>
<b>Hiilijalanjälki elinkaaren aikana (Raskas polttoöljy)</b>	<b>90085</b>	<b>t CO<sub>2</sub>-ekv</b>
<b>Hiilijalanjälki elinkaaren aikana (Maakaasu)</b>	<b>72935</b>	<b>t CO<sub>2</sub>-ekv</b>

\*Kierrätys alentaa kasvihuonekaasupäästöjä. Teräksen kierrätysprosentti n. 90%.

Kuva 2. Kokonaishiilijalanjälki.

Kuvasta 2 nähdään tiivistettynä kaikki asfalttiaseman hiilijalanjälkeen liittyvä data. Kuvassa massan valmistuksesta syntyvillä kasvihuonekaasuilla tarkoitetaan asfalttimassan raaka-aineiden tuotannosta aiheutuvia päästöjä. Kuva sijaitsee laskurin etusivulla ja näyttää asfalttiaseman kokonaishiilijalanjäljen sen koko elinkaaren aikana kolmella vaihtoehdoisella polttoaineella. Käyttäjän tehdessä muutoksia välilehdissä sijaitseviin muuttujiin, vaikutukset hiilijalanjäljessä ovat nähtävissä välittömästi yllä olevassa taulukossa laskurin etusivulla. Kuvassa olevaan siniseen kenttään käyttäjä voi asettaa haluamansa aseman vuosituotannon tonneja valmista asfalttimassaa.

## 6.1 Aseman valmistus

Kuvasta 3 voidaan nähdä, miten aseman valmistuksesta aiheutuva hiilijalanjälki on muodostunut ja laskettu. Aseman valmistuksesta aiheutuviin kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttaa ainoastaan valmistukseen käytettävän ruostumattoman teräksen määrä ja sen valmistuksesta syntyvät päästöt. Tässä tapauksessa aseman painoksi on valittu 200 tonnia, jonka valmistamisesta aiheutuu 160 tonnia CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia. Koska ruostumaton teräksen kierrätysprosentti on noin 90, aseman rakenteiden kierrätys alentaa sen valmistuksessa syntyneitä kasvihuonekaasupäästöjä 144 tonnia CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia.

Materiaali	Aseman paino (kg)	CO <sub>2</sub> -ekv (kg/kg) <sup>1</sup>	Yht. CO <sub>2</sub> -ekv (kg)
Ruostumaton teräs	200000	0,8	160000
Aseman valmistuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt			160000 kg CO <sub>2</sub> -ekv
			160 t CO <sub>2</sub> -ekv

Lähteet:

<sup>1</sup> Outokumpu: [http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Energy\\_and\\_low-carbon\\_programme.pdf](http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Energy_and_low-carbon_programme.pdf)

## Kuva 3. Aseman valmistus

Prosentuaalisesti aseman valmistus ei kata edes yhtä prosenttia koko aseman elinkaaren aikaisista päästöistä, mutta se on otettu mukaan laskuihin havainnollistamisen vuoksi. Teräksen valmistuksesta aiheutuvien päästöjen arvo on saatu Outokummulta (Outokumpu).

## 6.2 Raaka-aineiden toimitus

Raaka-aineiden toimituksesta aiheutuvat päästöt riippuvat valitusta tuotantoreseptistä. Laskurissa kaikkien pääraaka-aineiden prosentuaalista osuutta voidaan muuttaa ja laskuri laskee niiden kuljettamisesta syntyneet päästöt automaattisesti. Oletuksena on, että kuljetukset tehdään täysperävaunuyhdistelmillä maantieajossa 40 tonnin eli 100 %:n kuormalla. Koska kukin raaka-aine tulee

eri tehtaalta, laskurissa on mahdollista muuttaa kuljetettavaa kilometrimäärää sinisiin kenttiin, kuten kuvasta 4 voidaan huomata. Myös aseman siirron mahdollisuus ja välimatkojen mahdollinen muuttuminen voidaan ottaa huomioon kilometrimääriä muokkaamalla.

Maantiekuljetus*			
Raaka-aine	Osuus asfalttimassasta (%)	Tarvittava määrä vuodessa (t)	
Kiviaines	93,3	139950	
Bitumi	5,9	8850	
Filleri (Kalkki)	0,8	1200	
Muut lisäaineet		0	

Kuljetusmatka (Km)	CO <sub>2</sub> -ekv (g/km) <sup>1</sup>	Kuljetuksia tarvitaan (kpl)	CO <sub>2</sub> -ekv (kg)
40	1260	3499	176337
40	1260	221	11151
40	1260	30	1512
	1260	0	0

Yhteensä raaka-aineiden toimituksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt <u>vuodessa</u>		189000	kg CO <sub>2</sub> -ekv
		189	t CO <sub>2</sub> -ekv

Yhteensä raaka-aineiden toimituksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt aseman <u>elinkaaren aikana</u>		2835	t CO <sub>2</sub> -ekv
---	--	------	------------------------

Oletukset:

\* Täysi perävaunun yhdistelmä, maantieajo ja 40t 100% kuorma

Lähteet:

VTT 2012. LIPASTO tavaraliikenteen päästöt. <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kavptie.htm>

Kuva 4. Raaka-aineiden toimitus.

Lähteenä on käytetty VTT:n arvoja tavaraliikenteen päästöille (VTT). Muille mahdollisille lisäaineille on jätetty tyhjä rivi, esimerkiksi asiakaskohtaisia lisäyksiä varten. Esimerkissä nähtävissä olevilla 40 kilometrin kuljetusmatkoilla raaka-aineiden kuljetuksista aiheutuu aseman elinkaaren aikana päästöjä 2835 tonnia CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia.

### 6.3 Asfalttimassan raaka-aineiden tuotanto

Raaka-aineiden tuotannosta syntyvän hiilijalanjäljen koko riippuu valitusta reseptistä ja tuotantomäärästä. Molempia näitä voidaan muokata sinisiin kenttiin alla näkyvässä kuvassa 5. Kunkin raaka-aineen päästötiedot ovat saatu niiden toimittajilta ja valmistajilta, ja sisältävät kaiken toiminnan aina toimittajan portille saakka, mistä se kuljetetaan asfalttiasemalle. Päästökertoimien lähteet ovat

kiviainekselle Rudus Oy, bitumille Eurobitume ja kalkille Nordkalk (Rudus Oy) (Eurobitume) (Nordkalk).

Aseman massan vuosituotanto tonneja		150000	
Raaka-aine	Määrä (kg)	CO <sub>2</sub> -ekv (kg/kg)	Yht. CO <sub>2</sub> -ekv (kg)
Kiviaines <sup>1</sup>	933	0,00123	1,14759
Bitumi <sup>2</sup>	59	0,174	10,266
Kalkki <sup>3</sup>	8	0,08	0,64
Yhteensä			12,05

Massan valmistuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt per tonnia massaa	12,05	kg CO <sub>2</sub> -ekv
Massan valmistuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt vuodessa	1808038,5	kg CO <sub>2</sub> -ekv
	1808	t CO <sub>2</sub> -ekv
Massan valmistuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt aseman elinkaaren aikana	27120577,5	kg CO <sub>2</sub> -ekv
	27121	t CO <sub>2</sub> -ekv

Kuva 5. Asfalttimassan tuotanto.

Asfalttimassan raaka-aineiden tuotanto kattaa noin kolmasosan aseman elinkaaren aikaisista kasvihuonekaasupäästöistä riippuen käytettävästä polttoaineesta.

#### Vaahtobitumin käyttö

Vaahtobitumia käytettäessä päästään noin 5-7 % pienempään hiilijalanjälkeen. Vaahtobitumin käyttö vaikuttaa asfalttimassan tuotannon sekä polttoaineen kulutuksen päästöihin, mikä voidaan havaita kuvasta 6.

Hiilijalanjälki muodostuu alla olevista kokonaisuuksista (Vaahtobitumi)	t CO <sub>2</sub> ekv
Aseman valmistuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	160 t CO <sub>2</sub> -ekv
Raaka-ainetoimituksista syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	2835 t CO <sub>2</sub> -ekv
Massan valmistuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	25974 t CO <sub>2</sub> -ekv
Massan kuljetuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	2126 t CO <sub>2</sub> -ekv
Polttoaineen kulutuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt (Kevyt polttoöljy)	40727 t CO <sub>2</sub> -ekv
Sähköenergian kulutuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	3850 t CO <sub>2</sub> -ekv
Aseman purusta ja kierrätyksestä syntyvät kasvihuonepäästöt*	144 t CO <sub>2</sub> -ekv
<b>Hiilijalanjälki elinkaaren aikana (Vaahtobitumi)</b>	<b>75528 t CO<sub>2</sub>-ekv</b>
<b>Hiilijalanjälki elinkaaren aikana (Kevyt polttoöljy)</b>	<b>80962 t CO<sub>2</sub>-ekv</b>

Vaahtobitumin käytön vaikutus hiilijalanjälkeen	-5435 t CO <sub>2</sub> -ekv
Prosentuaalinen vähennys kasvihuonekaasuihin	6,7 %

\*Kierrätys alentaa kasvihuonekaasupäästöjä. Teräksen kierrätysprosentti n. 90%.

Kuva 6. Vaahtobitumin käyttö.

Elinkaaren aikana kasvihuonekaasuja syntyy kevyttä polttoöljyä käytettäessä 75528 tonnia ja normaaliin tuotantotapaan verrattuna hiilijalanjälkeä voidaan pienentää 5435 tonnia CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia.

### Uusioasfaltin käyttö

Vaikka uusioasfaltissa RC-rouheen prosentuaalisen määrän oletetaan olevan hiilineutraalia massaa, polttoaineen kulutuksen tuomat päästökasvut laskevat sen hyötyprosentin 7 % tienoille verrattuna tavalliseen tuotantotapaan kevyellä polttoöljyllä. Uusioasfalttia käyttämällä polttoaineen kulutuksesta aiheutuvat päästöt nousevat 69 %:iin, kun tavallisesta tuotantotapaa käytettäessä sen osuus on 56 %. Polttoaineen kulutuksen suuri osuus johtuu massan tuotannon päästöjen puolittumisesta.

<b>RC- rouheen prosentuaalinen määrä massasta</b>	<b>50 %</b>
<b>Hiilijalanjälki muodostuu alla olevista kokonaisuuksista (RC-rouhe)</b>	<b>t CO<sub>2</sub>ekv</b>
Aseman valmistuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	160 t CO <sub>2</sub> -ekv
Raaka-ainetoimituksista syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	2835 t CO <sub>2</sub> -ekv
Massan valmistuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	13560 t CO <sub>2</sub> -ekv
Massan ja RC- rouheen kuljetuksista syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	2835 t CO <sub>2</sub> -ekv
<i>Polttoaineen kulutuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt(Kevyt polttoöljy)</i>	51998 t CO <sub>2</sub> -ekv
Sähköenergian kulutuksesta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt	3850 t CO <sub>2</sub> -ekv
Aseman purusta ja kierrätyksestä syntyvät kasvihuonepäästöt*	144 t CO <sub>2</sub> -ekv
<b>Hiilijalanjälki elinkaaren aikana (RC-rouhe ja kevyt polttoöljy)</b>	<b>75094 t CO<sub>2</sub>-ekv</b>
<b>Hiilijalanjälki elinkaaren aikana(Kevyt polttoöljy)</b>	<b>80962 t CO<sub>2</sub>-ekv</b>
<b>RC-rouheen vaikutus hiilijalanjälkeen</b>	<b>-5869 t CO<sub>2</sub>-ekv</b>
<b>Prosentuaalinen vähennys kasvihuonekaasuihin</b>	<b>7,2 %</b>

\*Kierrätys alentaa kasvihuonekaasupäästöjä. Teräksen kierrätysprosentti n. 90%.

### Kuva 7. Uusioasfaltin käyttö.

Uusioasfaltin käytöllä ja RC- rouheen prosentuaalisen määrän olevan 50, kokonaishiilijalanjälki elinkaaren aikana on 75094 tonnia CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia. Tämä on 7,2 % vähemmän kuin tavallista tuotantomenetelmää käytettäessä, kuten kuvasta 6 voidaan havaita.



## 6.4 Asfalttimassan kuljetus

Asfalttimassan kuljetuksesta aiheutuu aseman elinkaaren aikana päästöjä 2126 tonnia CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia. Matkaa asemalta levityspaikalle voidaan muuttaa kuvassa 7 näkyvään siniseen kenttään, jolloin laskuri laskee automaattisesti syntyvät päästöt.

Maantiekuljetus	km	CO <sub>2</sub> -ekv (g/km) <sup>1</sup>
Keskimääräinen matka levityspaikalle	30	1260
Kuljetuksia tarvitaan yhteensä*	3750 kpl	
Kilometrit yhteensä levityspaikalle	112500 km	
Yhteensä massan kuljetuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt <u>vuodessa</u>		141750 kg CO <sub>2</sub> -ekv
		142 t CO <sub>2</sub> -ekv
Yhteensä massan kuljetuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt aseman <u>elinkaaren aikana</u>		2126 t CO <sub>2</sub> -ekv

Oletukset:

\* Täysi perävaunuyhdistelmä, maantieajo ja 40t 100% kuorma

Lähteet:

<sup>1</sup> VTT 2012. LIPASTO tavaraliikenteen päästöt. <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kavptie.htm>

## Kuva 8. Asfalttimassan kuljetus.

Tavaraliikenteen hiilidioksidipäästöarvot on saatu VTT:n tilastoista, kuten myös raaka-aineiden toimituksissa (VTT). Asfalttimassan kuljetuksen osuus asfalttiaseman koko elinkaaren aikaisista kasvihuonekaasupäästöistä on noin 3 %.

## 6.5 Polttoaineen kulutus

Polttoaineen kulutus kattaa yli puolet asfalttiaseman kokonaishiilijalanjäljestä. Osuus vaihtelee käytettävästä polttoaineesta riippuen. Kuva 8 on kuvakaappaus laskurista, jossa sinisiin kenttiin voidaan muokata kunkin polttoaineen kulutus per valmista asfalttimassatonnia. Laskuri laskee jokaiselle polttoaineelle omat päästönsä. Maakaasun käyttö aiheuttaa päästöjä 72935 tonnia, kevyen polttoöljyn käyttö 80962 tonnia ja raskaan polttoöljyn käyttö 90085 tonnia CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia.

	Polttoaineen määrä (kg tai m <sup>3</sup> )	Kulutettu lämpöenergia (kWh) <sup>1</sup>	CO <sub>2</sub> (kg/MJ) <sup>2</sup>	CH <sub>4</sub> (kg/MJ) <sup>3</sup>
<b>Kevyt polttoöljy (Vaahdotumia käytettäessä)</b>	5,832233016	68,85534299	0,0727	0,000001
<b>Kevyt polttoöljy</b>	6,446284538	76,10483526	0,0727	0,000001
<b>Raskas polttoöljy</b>	7,49	84,47222	0,0788	0,000001
<b>Maakaasu</b>	8,45	84,5	0,05404	0
<b>RC-rouheen käyttö (Kevyt polttoöljy)</b>	7,446284538	87,91083526	0,0727	0,000001

Polttoaineen kulutus 4% kiviaineksen kosteudella.

N <sub>2</sub> O (kg/MJ) <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> -ekv (kg/MJ)	Yht. kg CO <sub>2</sub>	Yht. kg CH <sub>4</sub>	Yht. Kg N <sub>2</sub> O	Yhteensä kg CO <sub>2</sub> -ekv
0,000001	0,073023	18,0206762	0,000247877	0,000247877	18,10074055
0,000001	0,073023	19,91799814	0,000273975	0,000273975	20,00649213
0,000001	0,079123	23,96288767	0,000304098	0,000304098	24,06111118
0	0,05404	16,43883649	0	0	16,43883649
0,000001	0,073023	23,00783974	0,000316476	0,000316476	23,11006164

Lähteet:

<sup>1</sup> VTT. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>

<sup>2</sup> Tilastokeskus 2014. Polttoaineluokitus 2014. [http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_polttoaineluokitus\\_2014.xls](http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus_2014.xls)

<sup>3</sup> VTT. Dityppioksidin (N<sub>2</sub>O) ja metaanin (CH<sub>4</sub>) päästökertoimia Suomen voimalaitoksille, lämpökeskuksille ja pienpoltolle. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2006/W43.pdf> s.72

## Kuva 9. Polttoaineen kulutus.

Kunakin polttoaineen käytöstä vapautuvat hiilidioksidi-, metaani- ja typen oksidi päästömäärät on saatu tilastokeskukselta ja VTT:ltä (Tilastokeskus) (VTT). Polttoaineisiin sitoutuneen lämpöenergian määrä on VTT:n dataa (VTT).

## 6.6 Sähköenergian kulutus

Asfalttiaseman sähköenergian kulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt kattavat noin 5 % aseman kokonaishiilijalanjäljestä. Aseman keskimääräisen sähkönkulutuksen per asfalttimassatonna kohden voi syöttää kuvassa 9 näkyvään siniseen kenttään. Laskuri laskee automaattisesti eri kasvihuonekaasuista syntyvän hiilijalanjäljen. Yritykseltä saaman kulutuskeskiarvon mukaan laskettuna aseman sähköenergian kulutuksesta aiheutuu aseman 15 vuoden elinkaaren aikana kasvihuonekaasupäästöjä 3850 tonnia CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia.

Sähköenergian kulutus (kWh)	CO <sub>2</sub> (g/kWh) <sup>1</sup>	CH <sub>4</sub> (g/kWh) <sup>1</sup>	N <sub>2</sub> O (g/kWh) <sup>1</sup>	CO <sub>2</sub> -ekv (g/kWh) <sup>2</sup>	Yht. g CO <sub>2</sub>	Yht. g CH <sub>4</sub>	Yht. g N <sub>2</sub> O	Yhteensä kg CO <sub>2</sub> -ekv
6,2	254	0,76	0,01	275,98	1575	4,7	0,062	1,71

Sähkökulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt **asfalttitonnia** kohden. **1,71 kg CO<sub>2</sub>-ekv**

Sähkökulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt **vuodessa**. **256661 kg CO<sub>2</sub>-ekv**  
**257 t CO<sub>2</sub>-ekv**

Sähkökulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt aseman **elinkaaren** aikana. **3849921 kg CO<sub>2</sub>-ekv**  
**3850 t CO<sub>2</sub>-ekv**

Lähteet:

<sup>1</sup> [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Resurssitehokkuus/Elinkaariajattelu/Sahkonhankinnan\\_paastot](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Resurssitehokkuus/Elinkaariajattelu/Sahkonhankinnan_paastot)

<sup>2</sup> <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/tools/Global-Warming-Potential-Values.pdf>

## Kuva 10. Sähköenergian kulutus.

Sähkönkulutuksesta syntyvien eri kasvihuonekaasujen eli hiilidioksidin, metaanin ja typen oksidien määrät on saatu Ympäristöministeriön ja Greenhouse gas protocolin sivuilta (Ympäristöministeriö) (Greenhouse gas Protocol).

## 7 YHTEENVETO

Määritetystä asfalttiaseman hiilijalanjäljestä nähdään selvästi kunkin prosessin tuottamat kasvihuonekaasupäästöt. Työn suurin aikaa vienyt tekijä oli prosessien rajaaminen, prosessien sisällä olevien toimintojen rajaaminen ja näiden toimintojen päästöjen määrittäminen. Kun kaikkien toimintojen päästöt oli saatu määriteltyä, laskettiin kunkin prosessin aiheuttama hiilijalanjälki. Näistä saatiin yhteenlaskettuna aseman kokonaishiilijalanjälki. Kun laskut olivat valmiit ja ne oli tarkastettu, päästiin rakentamaan ja muotoilemaan itse laskuria. Laskurista saatiin selkeälukuinen, paljon dataa sisältävä ja helposti muokattava. Laskurin sisältämistä kaavioista nähdään miten kasvihuonekaasupäästöt asemalla jakautuvat eri prosessien kesken.

Tässä työssä ei ollut tarkoitus etsiä keinoja pienentää asfalttiaseman hiilijalanjälkeä, vaan pelkästään määrittää aseman koko elinkaaren aikainen hiilijalanjälki. Saaduista tuloksista voidaan kuitenkin päätellä, mihin asioihin tulevaisuudessa resursseja kannattaa sijoittaa, kun halutaan suunnitella ja valmistaa yhä ekologisempia asfalttiasemia. Polttoaineen kulutuksesta ja asfalttimassan raaka-aineiden tuotannosta syntyvä hiilijalanjälki kattaa 90 % koko asfalttiaseman kokonaishiilijalanjäljestä. Massan valmistuksesta syntyviin kasvihuonekaasupäästöihin Amomatic Oy ei suoranaisesti voi vaikuttaa, koska päästöt syntyvät raaka-aineiden jalostuksessa. Polttoaine kuitenkin kulutetaan asemalla ja sitä käytetään polttimissa kiviaineksen kuumentamiseen. Koska polttimet ovat Amomatic Oy:n itse suunnitteleimia ja valmistamia, voidaan tätä osa-aluetta kehittämällä päästä pienilläkin muutoksilla suuriin vähennyksiin kasvihuonekaasupäästöissä. Tuloksia voidaan siis käyttää kanavoimaan tuotekehitystä sille alueelle, missä pienilläkin parannuksilla voidaan saavuttaa suuria hyötyjä.

Amomatic Oy ei luonnollisesti halunnut tähän työhön liian yksityiskohtaista selvitystä laskurin toiminnasta tai siinä käytettävistä kaavoista. Laskuria ei luovuteta julkiseen levitykseen, vaikka tämä työ perustuu täysin siinä olevaan sisältöön. Tämä työ kuitenkin kertoo ja perustelee työvaiheet, miten esiteltyihin tuloksiin

on päädytty. Työssä esitetyt kuvat kertovat laskurin yleisilmeestä ja muotoilusta, mutta eivät paljasta kaavoja tai muuta tärkeää informaatiota.

Laskurista tehtiin myös käyttäjäystävällinen ja asiakaslähtöinen, koska sitä suunniteltaessa näiden ominaisuuksien lisääminen ei tuntunut suurelta työltä. Toimeksiantaja oli lopulta erittäin tyytyväinen työn lopputulokseen, vaikka ohjelman muotoiluun kului suhteellisen paljon aikaa. Koska laskuri on muunneltavissa, se tekee siitä hyvin pitkäikäisen. Tuotekehityksen mennessä eteenpäin tai toimittajilta saatavien raaka-aineiden päästöjen muuttuessa laskurista ei tule käyttökelvoton ja vanha, vaan tiedot voidaan päivittää, jolloin aseman hiilijalanjälki on jälleen ajan tasalla.

## LÄHTEET

Ympäristöministeriö 2013. Ilmastonmuutoksen hillitseminen. Viitattu 24.11.2014

[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto\\_ja\\_ilma/Ilmastonmuutoksen\\_hillinta](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillinta)

IPCC. Tiivistelmä päätöksentekijöille. Viiden arviointiraportti. Viitattu 25.11.2014

[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_SPM\\_FINAL.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf)

Amomatic Oy 2014. Modular Asphalt Plants – Your Road to Success.

Suomi, K. 2009. Asfaltin valmistusprosessi annosperiaatteella. Amomatic Oy

Länsitalo, J 2014. Asfalttiaseman operaattoriksi. Amomatic Oy

Amomatic Oy. Asphalt plants. Viitattu 14.1.2015 <http://amomatic.fi/en/asphalt-plants>

Amomatic Oy 2015a. Drum dryers. Viitattu 14.1.2015

<http://amomatic.fi/en/drum-dryers>

Amomatic Oy 2015b. Burners. Viitattu 14.1.2015 <http://amomatic.fi/en/burners>

Hartikainen, O-P 2002. Tietekniikan perusteet. Hakapaino Oy

Päällystealan Neuvottelukunta 2011, PANK ry. Edita Oy

Outokumpu. Ruostumattoman teräksen päästöt. Viitattu 27.9.2015.

[http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Energy\\_and\\_low-carbon\\_programme.pdf](http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Energy_and_low-carbon_programme.pdf)

VTT Oy. Tavaraliikenteen päästöt. Viitattu 13.10.2014

<http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kavptie.htm>

Rudus Oy. Kivimurskeen hiilidioksidipäästöt. Juha Laurila. Sähköposti (8.9.2014)

Eurobitume. Life cycle inventory: Bitumen. Viitattu 1.10.2014

<http://www.eurobitume.eu/system/files/LCI%20Report-Website-2ndEdition-20120726.pdf> s.25

Nordkalk. Nordkalk ja ympäristö. Viitattu 4.10.2014

<http://www.nordkalk.fi/streamer.asp?do=save&act=DBDEB94F8C255248BB0C268BEF24F359&id=1424>

Tilastokeskus. Polttoaineluokitus 2014. Viitattu 5.10.2014

[http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_polttoaineluokitus\\_2014.xls](http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus_2014.xls)

VTT. Dityppioksidin (N<sub>2</sub>O) ja metaanin (CH<sub>4</sub>) päästökertoimia Suomen voimalaitoksille, lämpökeskuksille ja pienpoltolle. Viitattu 7.10.2014

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2006/W43.pdf> s.72

VTT. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Viitattu 8.10.2014

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>

Ympäristöministeriö. Suomen sähkönhankinnan päästöt elinkaarilaskelmissa.

Viitattu 10.10.2014 <http://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Resurssitehokkuus/Elinkaariajattelu/Sahkonhankinnan\\_paastot](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Resurssitehokkuus/Elinkaariajattelu/Sahkonhankinnan_paastot)

Greenhouse gas Protocol. Global warming potential values. Viitattu 15.10.2014.

<http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/tools/Global-Warming-Potential-Values.pdf>

